

**“PROYECTO FINAL”**

**ITESO**



# **ITESO, Universidad Jesuita de Guadalajara**

**SIMULACIÓN DE PROCESOS FINANCIEROS**

**ALAN OMAR TOPETE SALAZAR**

**IVANNA HERRERA IBARRA 744614**

**ARANTZA GOMEZ HARO GAMBOA 744249**

**JAVIER ALEJANDRO FAJARDO LÓPEZ 740448**

**LUIS FERNANDO MÁRQUEZ BAÑUELOS 744489**

**06 DE MAYO DE 2025**

## Contenido

Objetivo.....	3
Justificación .....	3
Marco teórico .....	4
Long Call .....	4
Long Put .....	4
Geometric Brownian Motion.....	5
Montecarlo.....	5
Black Scholes .....	6
Revisión de literatura.....	7
Metodología .....	8
Resultados .....	9
Discusión .....	14
Conclusiones .....	15
Referencias.....	15

## Objetivo

El objetivo de este proyecto es diseñar, implementar y analizar la estrategia de trading de opciones conocida como straddle, con el propósito de obtener altos rendimientos ajustado al riesgo en distintos escenarios de volatilidad del mercado, buscando que acciones y que ventanas de tiempo son atractivas para esta estrategia. Además, se explicará teóricamente el funcionamiento del straddle, sus fundamentos financieros y las condiciones de mercado bajo las cuales esta estrategia resulta óptima.

Nos centraremos en activos de alta volatilidad, debido a que se espera que el mercado tenga altas fluctuaciones durante un futuro cercano. Tomando esto en cuenta, se implementará la estrategia en los activos seleccionados para determinar cuáles son los que tienen un mejor desempeño, aun cuando existen condiciones de volatilidad en el mercado, probando distintos horizontes de inversión.

## Justificación

La importancia de este estudio radica en demostrar cómo los inversionistas pueden aprovechar distintos escenarios del mercado, como puede ser uno muy volátil, para lograr obtener los mayores rendimientos posibles. Además, el estudio de esta estrategia nos permite entender a profundidad el comportamiento de las opciones europeas en relación con la volatilidad y el cambio en el precio del activo subyacente.

Según los reportes de BlackRock y J.P. Morgan, se esperan altos niveles de volatilidad en el mercado durante el siguiente año, esto se debe a las disrupciones del mercado por parte de la inteligencia artificial y tensión geopolítica alrededor del mundo. Esto también se ha visto durante el inicio de este año por los cambios drásticos en los aranceles impuestos por el gobierno norteamericano, lo cual ha provocado grandes fluctuaciones en el precio de los activos. Al aplicar la estrategia del straddle enfocado en acciones de alta volatilidad, se busca aprovechar estos cambios en el precio para obtener altos rendimientos, convirtiendo la incertidumbre económica en una oportunidad de inversión.

Para poder determinar que acciones vamos a utilizar para la estrategia, primero calculamos el rendimiento y volatilidad histórica de cada activo del S&P 500. Después de esto, hicimos un filtro para poder obtener aquellos activos que tengan un rendimiento mayor a 20% y una volatilidad mayor a 30%, ya que se busca que sean volátiles para desarrollar la estrategia. Tras hacer esto, calculamos el ratio de Sharpe para cada activo que supero el filtro y se seleccionaron las 5 acciones que presentaban el Sharpe más alto, terminando en la elección de Netflix (NFLX), Howmet Aerospace (HWM), Targa Resources Corp (TRGP), General Electric (GE) y Energy Inc (NRG).

## Marco teórico

La estrategia que se utilizará es un straddle, el cual consiste en abrir una posición larga en una opción de compra europea (long call) y una posición larga en una opción de venta europea (long put), con el mismo precio strike y fecha de vencimiento. El straddle busca beneficiarse de un movimiento significativo en el precio del activo, sin importar la dirección. Si el precio sube mucho, la opción call genera beneficios; si baja mucho, lo hace la opción put.

La suma de ambas primas de las opciones es el costo de la estrategia, por lo que el activo debe moverse lo suficiente, sin importar la dirección, para superar ese costo y generar ganancias. Si el precio del subyacente se mantiene cerca del precio strike, la estrategia provoca una pérdida, por lo tanto, es importante utilizar esta estrategia ante un mercado que espera alta volatilidad.

## Long Call

Una posición long call en una opción, es cuando se le otorga al comprador la oportunidad de poder adquirir un activo subyacente a cierto precio de ejercicio en una fecha específica. Donde se obtiene la ganancia en este tipo de estrategia es cuando el precio en el mercado del activo subyacente está por encima del precio strike, permitiéndole al dueño de la opción poder ejercer su derecho a comprar el activo a un precio menor de lo que se encuentra en ese momento. Por otro lado, si el precio es menor que el strike, la pérdida se limita al valor de la prima que se pagó al adquirir la opción. El pago del long call se obtiene de la siguiente manera:

$$Payoff = \max(S_T - K, 0)$$

donde:

$S_T$ : es el precio del subyacente al vencimiento

$K$ : es el precio strike

## Long Put

Por otro lado, una posición long put es cuando al comprador se le otorga el derecho de poder vender cierto activo subyacente a cierto precio de ejercicio en una fecha específica en el futuro. En esta estrategia, la ganancia se obtiene cuando se presenta un escenario bajista en el mercado, ya que, si el precio del activo subyacente es menor en el mercado que el precio strike, el teniente de la opción puede ejercer el derecho a vender más caro y obtener ganancias. En el caso de que se tenga un escenario alcista, el poseedor decidirá no vender y aceptar solamente la pérdida de la prima inicial. Para obtener el pago de long put se realiza lo siguiente:

$$Payoff = \max(K - S_T, 0)$$

donde:

$S_T$ : es el precio del subyacente al vencimiento

$K$ : es el precio strike

## Geometric Brownian Motion

Como punto inicial, necesitamos modelar el precio de cada una de las acciones que queremos utilizar. Para ello, simularemos los retornos diarios a través del proceso de geometric brownian motion, el cual es el siguiente:

$$r_t = \mu + \sigma \times Z$$

donde:

$r_t$ : es el rendimiento diario simulado del activo

$\mu$ : es el rendimiento diario promedio del activo

$\sigma$ : es la desviación estándar diaria del activo

$Z$ : es la variable aleatoria de una distribución normal

Esta ecuación modela los rendimientos diarios de una acción, a través de una tendencia, y le agrega variaciones a través de la volatilidad y los golpes aleatorios provocados por la variable  $Z$ .

## Montecarlo

Para poder medir el desempeño de la estrategia para cada una de las acciones y para cada horizonte de tiempo, haremos una simulación Montecarlo de los precios de las acciones, donde simularemos sus rendimientos diarios y, a partir de ellos, construiremos la trayectoria de precios. Cada simulación representa un escenario posible del comportamiento futuro del activo. Al repetir este proceso miles de veces, obtendremos una distribución de precios futuros que nos permitirá estimar rendimientos esperados y la probabilidad de ganancia que se tiene utilizando el straddle. Así, la simulación Montecarlo nos brinda una herramienta para evaluar el desempeño potencial de la estrategia.

Además, para mejorar la precisión de las estimaciones y para reducir la variabilidad del método de simulación, se aplicará la técnica de variables antitéticas. Esta técnica consiste en generar, para cada trayectoria simulada, una trayectoria complementaria que utiliza los mismos choques aleatorios, pero con signo opuesto. De esta manera, se logra que los errores aleatorios se compensen entre sí, obteniendo resultados más estables y una convergencia más rápida en las métricas calculadas.

## Black Scholes

El modelo Black Scholes es aquel que nos permite valorar la prima de una opción europea de call y put que solo pueden ejercerse en una fecha de vencimiento. Este modelo asume que el precio del activo subyacente sigue un movimiento geométrico browniano y una volatilidad constante, lo que implica que los rendimientos sean log-normales, facilitando el desarrollo de estrategias de cobertura. El precio de la opción europea de call se calcula de la siguiente manera:

$$C = S_0 N(d_1) - K e^{-rT} N(d_2)$$

donde:

$C$ : es el precio del call

$S_0$ : es el precio actual del activo subyacente

$K$ : es el precio de ejercicio de la opción

$r$ : es la tasa de interés libre de riesgo

$T$ : es el tiempo hasta el vencimiento (en años)

$d_1$  y  $d_2$ , los cuales se usan como inputs para la función de distribución normal estándar acumulativa  $N$ , son:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$
$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

donde:

$\sigma$ : es la volatilidad del subyacente

El precio de la opción europea de put se calcula de la siguiente manera:

$$P = K e^{-rT} N(-d_2) - S_0 N(-d_1)$$

donde:

$P$ : es el precio del put

$S_0$ : es el precio actual del activo subyacente

$K$ : es el precio de ejercicio de la opción

$r$ : es la tasa de interés libre de riesgo

$T$ : es el tiempo hasta el vencimiento (en años)

$d_1$  y  $d_2$ , los cuales se usan como inputs para la función de distribución normal estándar acumulativa  $N$ , son:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$
$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

donde:

$\sigma$ : es la volatilidad del subyacente

Esto se puede deducir usando la paridad call-put, lo cual dice lo siguiente:

$$C - P = S_0 - Ke^{-rT}$$

Esto nos permite encontrar el precio del put utilizando el precio del call que ya se obtuvo anteriormente, y viceversa.

## Revisión de literatura

El estudio el cual revisamos con relación a nuestro proyecto es el siguiente:

*A New Approach to Build a Successful Straddle Strategy: The Analytical Option Navigator*

Autores: Orkhan Rustamov, Fuzuli Aliyev, Richard Ajayi, y Elchin Suleymanov

Al igual que este trabajo, en el estudio se busca encontrar acciones que den resultados positivos al utilizar straddle como estrategia. Para ello, los autores utilizan una metodología sofisticada donde hacen un proceso de eliminación de las empresas que cotizan en el S&P 500 de acciones que cumplen con requisitos preliminares para posteriormente hacer un análisis estadístico más profundo. También, se busca comprar opciones que estén 35 días hábiles previos a reportes trimestrales para tener fluctuaciones fuertes de precio en el corto plazo.

Ya que tienen una lista preliminar de acciones, lo que hacen es hacer predicciones de la volatilidad implícita de cada una de estas, a través de modelos de machine learning, y estas predicciones las seccionan en bins. Si el último bin (volatilidad más reciente) se encuentra en niveles muy bajos en comparación con los demás bins, se considera que la acción es candidata para realizar un straddle. Esto es debido a que la volatilidad implícita aumentará después, por lo que la prima pactada previamente a esto será menor, además de esperar una fuerte fluctuación en el precio del activo.

En nuestro caso el proceso es más sencillo, ya que no se considera la volatilidad implícita del activo, sino que la volatilidad histórica donde hacemos un filtro para acciones con una volatilidad anual mayor al 30% y un rendimiento anual esperado mayor al 20%, posteriormente se obtiene el ratio de Sharpe de las acciones que pasaron el filtro y se seleccionan las 5 con Sharpe más alto. Además, no tratamos de estimar la volatilidad implícita, simplemente seleccionamos estas acciones y probamos el straddle.

Tanto en el estudio como en nuestro trabajo, finalmente, se proponen que acciones son aptas para hacer un straddle con base en los resultados y rendimientos obtenidos a través de la simulación de distintos escenarios. Teniendo como diferencia que, en nuestro caso, calculamos el rendimiento esperado basado en las simulaciones del precio a futuro en 4 distintos momentos: un mes, tres meses, seis meses y un año.

## Metodología

Para probar la estrategia propuesta en este trabajo se utilizará python con el cual se realizarán las simulaciones y cálculos necesarios para ver la efectividad de utilizar un straddle para distintas acciones.

Para ello, se recopilaron datos históricos de precios de cierre ajustados de las empresas del S&P 500 mediante la biblioteca yfinance, abarcando el período desde enero de 2024 hasta abril de 2025. Como se simulará el precio de los distintos activos seleccionados a un año, los datos históricos obtenidos usan un período similar, el cual es ligeramente mayor con la intención de compensar por outliers en los datos.

Una vez descargados los datos se calcularon dos métricas importantes; rendimiento esperado y volatilidad anual, usando como base los rendimientos diarios de los activos. Con estas métricas filtramos las empresas para elegir cinco que cumplieran características deseadas. Primeramente, se filtró buscando acciones con una volatilidad anual por encima del 30% ya que buscamos aprovechar fuertes fluctuaciones de precios y un rendimiento esperado anual por encima del 20%, ya que se puede ganar más en el straddle con alzas de precios fuertes.

Una vez realizado el filtro se obtuvo el ratio de Sharpe de cada una y se seleccionaron los cinco activos con mayor valor. Esto se hace con el objetivo de probar el straddle contra acciones donde convencionalmente se invertiría de forma normal gracias al buen ratio de Sharpe que tienen el cual muestra un buen rendimiento ajustados al riesgo.

Para evaluar la estrategia primero se simulan los rendimientos de los activos a 252 días (un año) a través de una simulación Montecarlo antitética con 100,000 trayectorias y asumiendo un comportamiento de Geometric Brownian Motion a través de la siguiente fórmula:

$$r_t = \mu + \sigma \times Z$$



Con las simulaciones de los rendimientos se utiliza el producto acumulado de los rendimientos con el último precio del activo para generar las 100,000 trayectorias de precios que después serán utilizadas para calcular métricas importantes de la estrategia.

Posteriormente calculamos el precio de las primas de las opciones call y put para cada uno de los activos en los distintos plazos de tiempo donde se prueba la estrategia (21, 63, 126 y 252 días) utilizando el método de Black Scholes. Para ello se necesita definir previamente los precios de ejercicio, estos fueron determinados de forma arbitraria, donde se buscó un precio “out of the money” ya que suelen tener menores primas y ofrecer mejores resultados. Con los precios de las primas se calcula el precio total del straddle para cada una de las pruebas.

Después se calcula el profit obtenido del straddle para cada uno de los distintos plazos de tiempo con cada uno de los activos, usando como precio final de la acción el obtenido a través de las simulaciones.

Dado que se tienen simulaciones de procesos estocásticos, utilizar distribuciones es fundamental para realizar cálculos importantes basados en probabilidad de ocurrencia.

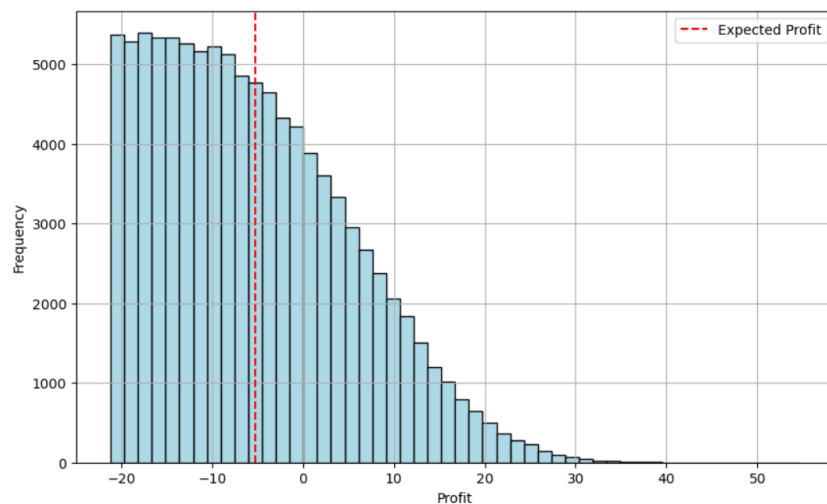
Con las distribuciones de ganancias para cada uno de los activos para todos los distintos plazos se obtiene la ganancia esperada tanto en valor numérico como porcentaje, la probabilidad de que el rendimiento de la estrategia sea positivo y un intervalo con un 95% de confianza para el profit.

Además, se incluyen distintas visualizaciones útiles, como las simulaciones de precios, los pagos del straddle según la prima obtenida y precio de ejercicio utilizado y un histograma con la distribución de ganancias. Estos apoyos visuales sirven para entender los resultados de la estrategia de forma visual y ayudan para entender cómo se distribuyen las posibles ganancias.

## Resultados

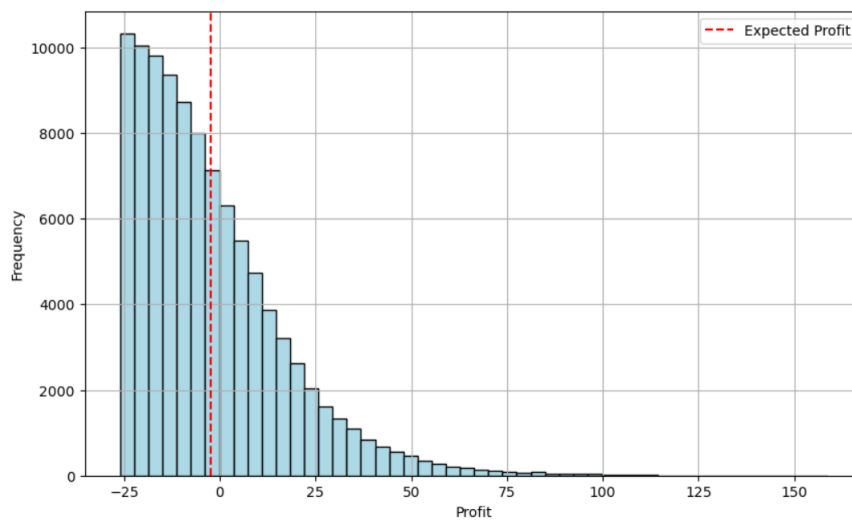
Después de haber realizado todo el proceso previo, se llegaron a los siguientes resultados. Primero analizaremos la empresa de Howmet Aerospace y cuál es el desempeño de la estrategia a diferentes horizontes de tiempo.

## Horizontes de 21 días:



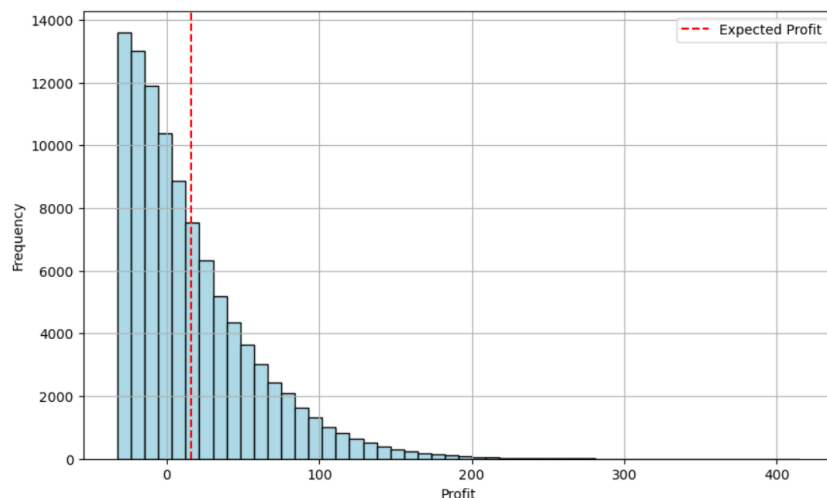
Las ganancias esperadas ejerciendo las opciones a los 21 días son:  
El profit esperado es de \$-5.29  
El rendimiento esperado de la estrategia es de -24.98%  
La probabilidad de obtener rendimiento positivo es de 29.87%  
El intervalo de confianza del 95% para el profit es de [-20.439499887837847, 18.157402246364132]

## Horizonte de 63 días:



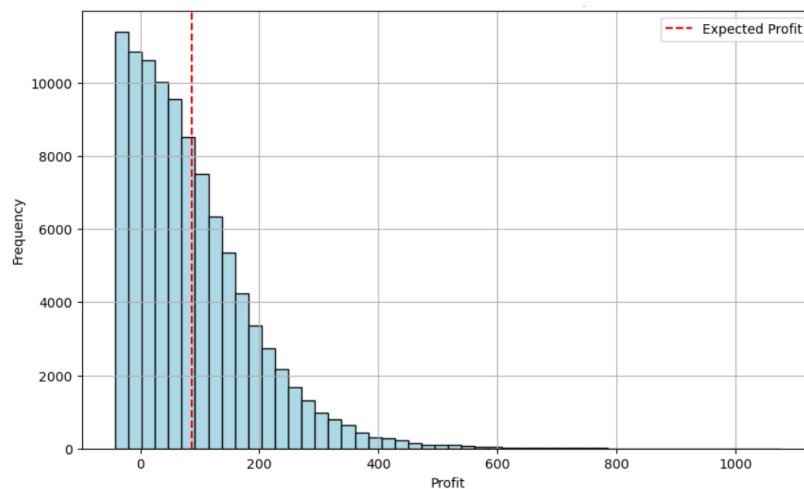
Las ganancias esperadas ejerciendo las opciones a los 63 días son:  
El profit esperado es de \$-2.45  
El rendimiento esperado de la estrategia es de -9.43%  
La probabilidad de obtener rendimiento positivo es de 36.34%  
El intervalo de confianza del 95% para el profit es de [-25.122130897688088, 45.87621814707336]

Horizonte de 126 días:



Las ganancias esperadas ejerciendo las opciones a los 126 días son:  
 El profit esperado es de \$15.84  
 El rendimiento esperado de la estrategia es de 48.76%  
 La probabilidad de obtener rendimiento positivo es de 54.80%  
 El intervalo de confianza del 95% para el profit es de [-30.84795352157514, 124.03561626560997]

Horizonte de 252 días:



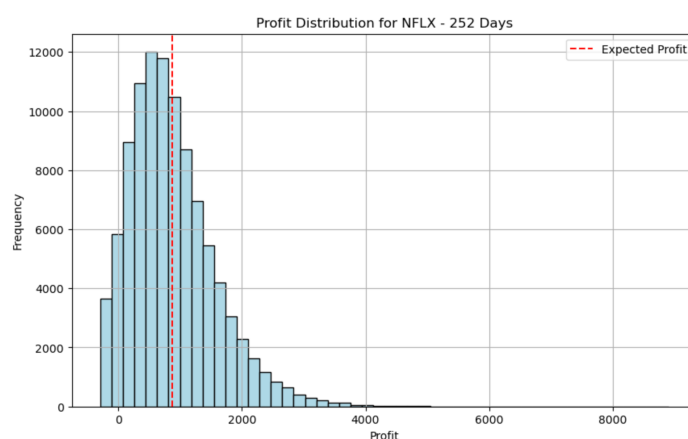
Las ganancias esperadas ejerciendo las opciones a los 252 días son:  
 El profit esperado es de \$85.73  
 El rendimiento esperado de la estrategia es de 201.91%  
 La probabilidad de obtener rendimiento positivo es de 78.84%  
 El intervalo de confianza del 95% para el profit es de [-37.614225349569956, 340.41496466698777]

Con estas gráficas y los resultados obtenidos podemos ver como nuestra estrategia es mejor cuando los horizontes de tiempo son más prolongados. Como observamos en las imágenes, cuando se utiliza para 21 días o 63 días, no se tienen rendimientos óptimos, al igual que la probabilidad de se obtenga rendimientos positivos con la estrategia es muy

baja. Sin embargo, cuando se decide hacer para 126 días, el rendimiento ya es mayor al igual que la probabilidad, subiendo un 18.46%. Por último, cuando se aplica la estrategia para 1 año es cuando vemos el máximo potencial, logrando un rendimiento esperado de 201.91% con una probabilidad de obtener ganancias del 80%.

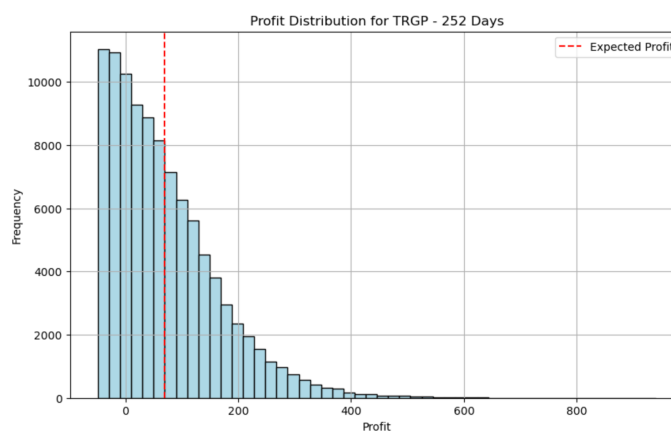
Esta misma tendencia fue observada para las otras 4 empresas, donde al igual que en HWM, en los lapsos de tiempo pequeños, se ven muy pocos rendimientos junto con muy poca probabilidad de ganancia. Sin embargo, cuando la estrategia se aplica para 1 año, se logran ver los mayores rendimientos y una muy alta probabilidad de al menos obtener resultados positivos. A continuación, se muestran los straddles hechos para las otras 4 empresas.

Netflix:



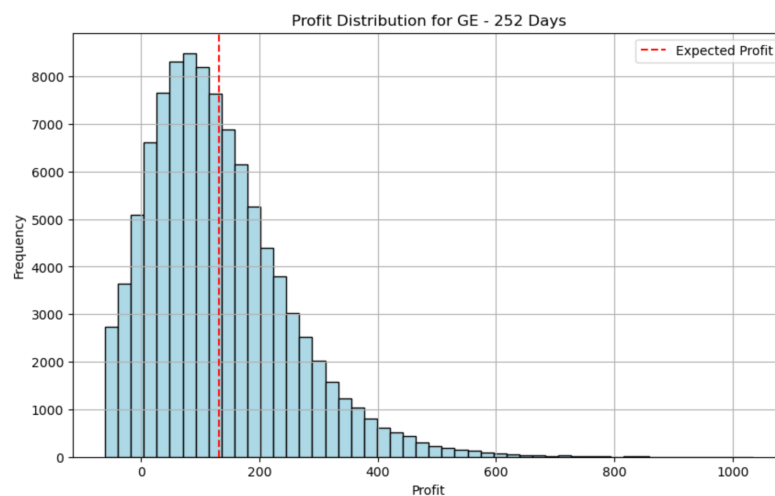
Las ganancias esperadas ejerciendo las opciones a los 252 días son:  
 El profit esperado es de \$870.49  
 El rendimiento esperado de la estrategia es de 296.31%  
 La probabilidad de obtener rendimiento positivo es de 93.20%  
 El intervalo de confianza del 95% para el profit es de [-159.98833899713044, 2538.2801956744142]

Targa Resources Corp:



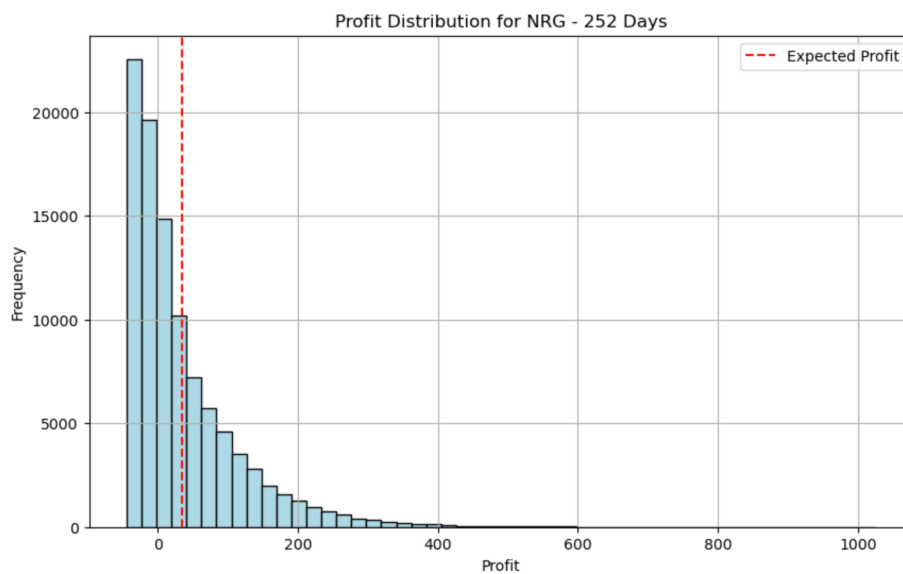
Las ganancias esperadas ejerciendo las opciones a los 252 días son:  
 El profit esperado es de \$69.92  
 El rendimiento esperado de la estrategia es de 143.62%  
 La probabilidad de obtener rendimiento positivo es de 73.21%  
 El intervalo de confianza del 95% para el profit es de [-44.10910076537793, 303.29897438629683]

## General Electric:



Las ganancias esperadas ejerciendo las opciones a los 252 días son:  
 El profit esperado es de \$131.10  
 El rendimiento esperado de la estrategia es de 214.19%  
 La probabilidad de obtener rendimiento positivo es de 89.73%  
 El intervalo de confianza del 95% para el profit es de [-41.01180294409814, 413.7902782741843]

## NRG Energy Inc:



Las ganancias esperadas ejerciendo las opciones a los 252 días son:  
 El profit esperado es de \$34.95  
 El rendimiento esperado de la estrategia es de 78.85%  
 La probabilidad de obtener rendimiento positivo es de 56.58%  
 El intervalo de confianza del 95% para el profit es de [-42.01330105082242, 251.811868911259]

Tras analizar todas las gráficas, podemos ver que en el caso de todas las empresas cuando se realiza la estrategia del straddle para 1 año se obtiene los mejores resultados

combinando los rendimientos esperados y la probabilidad de ganancia. Esto se ve cuando en algunos casos se obtiene más del 200% de rendimiento esperado con una probabilidad del 90% de lograr tener ganancia con el straddle. Esto indica que, si se saben usar correctamente las estrategias de trading, y se implementa para un horizonte de tiempo óptimo, se pueden alcanzar mejores resultados que si se invirtiera solamente en acciones.

Cabe resaltar que tanto HWM como NRG tienen los peores resultados, ya que en NRG incluso en períodos de seis meses se esperan rendimientos negativos y con HWM hay fuertes pérdidas esperadas en ciertos plazos.

## Discusión

Dado los resultados obtenidos podemos ver que el straddle tiende a tener mejores resultados cuando se aplica a empresas de alta volatilidad, ya que está hecha especialmente para poder aprovechar o cubrirse ante alta volatilidad, a comparación de hacerlo con empresas con poca volatilidad, donde los cambios no logran cubrir el precio de la prima.

También se observó que la estrategia es mucho más redituable cuando es aplicada a periodos de tiempo largos como lo puede ser 1 año, a que si se aplica a periodos de 1 o 3 meses. Esto debido principalmente a que se le permite al precio del activo subyacente a tener movimientos más grandes, donde se pueda sobrepasar el precio de ejercicio que se impuso en la opción, a comparación de lapsos cortos donde se obtenían pérdidas constantes porque no había movimientos lo suficientemente fuertes para cubrir el costo de la opción.

En cuestión de limitaciones que puede tener el estudio es el uso de volatilidad histórica y no implementar el uso de volatilidad implícita. A pesar de que la volatilidad histórica nos puede permitir tener conocimiento sobre cómo se comportó el activo en el pasado y los movimientos ante distintos escenarios, la volatilidad implícita nos permite entender que es lo que espera el mercado en un futuro, pudiendo ser un indicador que afecte directamente el precio de las opciones y la decisión de cuando aplicarla. Otra limitación existente es la de suponer que los rendimientos de los activos tienen un comportamiento normal; y, aunque es muy habitual encontrar este supuesto en las finanzas, no refleja por completo el comportamiento que tienen los activos en el mercado, ya que omite situaciones como asimetría o colas gruesas en los rendimientos.

En futuras investigaciones lo que se podría realizar es la implementación de modelos de machine learning que nos ayuden a estimar la volatilidad implícita con datos del mercado. El uso de estos modelos nos puede permitir captar distintas tendencias que con los modelos normales pueden ser difíciles de descifrar. De igual forma, se podría ampliar el número de features a utilizar en los modelos de predicción, cuidando que estas features sean significativas para los modelos, evitando overfitting. Con más features, lograríamos que los modelos de predicción tengan un mayor alcance y precisión a la hora de las predicciones, lo que serviría para comparar los resultados obtenidos en esta investigación con los nuevos modelos.

## Conclusiones

El funcionamiento del straddle es claro y sencillo, busca aprovechar fuertes fluctuaciones en el precio de la acción en cualquier dirección para generar una ganancia. En este estudio se busca a través de código implementar la estrategia y ver los resultados, para saber qué tipo de acciones son convenientes utilizar como subyacente para la estrategia y que ventanas de tiempo son adecuadas.

Se busca que la estrategia ofrezca un mayor rendimiento esperado que el activo por si solo, para que valga la pena el costo de las primas para poder crear el straddle. Con los resultados obtenidos logramos identificar que el mejor periodo de tiempo para crear un straddle es de un año, ya que en todas las acciones analizadas el mayor rendimiento esperado se encuentra en las opciones con vencimiento a un año.

Vemos que acciones como NRG y HWM tuvieron los peores desempeños con fuertes pérdidas en ventanas de tiempo de corto plazo, sin embargo, ambas empresas tienen las volatilidades más altas donde NRG sobrepasa el 40% anual, mientras que las otras tres empresas tienen una volatilidad más cercana al 30%.

Esto nos dice que empresas con volatilidades muy altas no son necesariamente las mejores para un straddle en ventanas de tiempo más cortas. Además, es importante resaltar que acciones con alto rendimiento esperado y volatilidad cercana al 30% son efectivas en ventanas de tiempo más cortas como NFLX que el straddle a 3 meses espera un rendimiento del 86.24% o GE que en el mismo plazo tiene un rendimiento esperado del 57.81%.

En conclusión, para realizar un straddle a pesar de poder tener primas más altas, los mejores resultados se obtienen con fecha de vencimiento a un año para acciones con las características establecidas en el documento. Además, es importante resaltar que acciones con rendimientos esperados muy altos con volatilidad cercana al 30% pueden ofrecer rendimientos muy atractivos en el corto plazo en caso de utilizar estrategias que requieran menores plazos.

## Referencias

BlackRock Investment Institute. (2024). 2025 Global Outlook: Building the transformation. BlackRock.

Rustamov, O., Aliyev, F., Ajayi, R., & Suleymanov, E. (2024). A New Approach to Build a Successful Straddle Strategy: The Analytical Option Navigator. *Risks*, 12(7), 113.  
<https://doi.org/10.3390/risks12070113>

J.P. Morgan Private Bank. (2024). 2025 Outlook: Building on strength. J.P. Morgan.